

CUANTIFICACIÓN Y CARTOGRAFÍA DE LOS RECURSOS BIOMÁSICOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE SALTA.

Alicia Anschau¹, S. Carballo¹.

Instituto de Clima y Agua – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – Programa Nacional de Bioenergía.
Av. Los Reseros y Las Cabañas s/n, CP 1712, Castelar, Buenos Aires - aanschau@cnia.inta.gov.ar

RESUMEN: La provincia de Salta cuenta con un gran potencial para desarrollar proyectos de aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos. Para poder cuantificar este potencial, se ha implementado en el presente trabajo, la metodología WISDOM, desarrollada por FAO, y basada en Sistemas de Información Geográficos y técnicas de análisis espacial, la cual permite visualizar, cuantificar y contextualizar tanto las áreas de oferta como las de demanda de biomasa leñosa, detectando de esta forma zonas calientes o puntos de intervención, en los cuales, tanto por presentar un balance negativo, o bien, un excedente de recursos factibles de aprovechamiento, se hace necesario un análisis mas detallado. Se ha incorporado al análisis la zonificación resultante del Ordenamiento Territorial (Ley Provincial 7543/09) que ha promulgado la provincia en cumplimiento con la Ley de Bosques (Ley Nacional 26.331/07) de modo de cuantificar los recursos que efectivamente estarían disponibles (en una gestión sustentable del territorio) para un potencial aprovechamiento bioenergético durante los próximos años. Del análisis realizado se desprende que existen actualmente en la provincia casi 11 millones de toneladas de biomasa leñosa renovables anualmente, mientras que el consumo de leña de la provincia no alcanza el medio millón de toneladas anuales, lo que deja un saldo positivo de aproximadamente 10,5 millones de toneladas potencialmente disponibles anualmente para la generación de energía; cifra que variará anualmente en función de la tasa de desmonte, lo que deberá ser considerado al momento de planificar la gestión del recurso biomásico.

Palabras clave: bioenergía, biomasa, WISDOM, sistemas de información geográfica, análisis espacial.

INTRODUCCIÓN

La oferta y demanda de recursos biomásicos (bosque y monte nativos y plantaciones forestales) para generación de energía fueron evaluados a través de la aplicación de la metodología WISDOM de FAO y volcados a un Sistema de Información Geográfico.

La metodología de WISDOM consiste en el mapeo de la Oferta y la Demanda de Biomasa con fines energéticos para luego integrar ambos módulos y obtener de esta manera un balance entre la biomasa disponible y accesible y la demanda total de la misma.

La aplicación de la metodología de análisis WISDOM implica cinco pasos principales (FAO, 2003):

- Definición de la unidad administrativa/espacial mínima de análisis.
- Desarrollo del módulo de demanda.
- Desarrollo del módulo de oferta.
- Desarrollo del módulo de integración.
- Selección de las áreas prioritarias o puntos calientes de biomasa bajo diferentes escenarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo integró datos provenientes de distintas fuentes, por lo que fue necesario realizar una estandarización de la información geográfica, adoptando para ello el modelo raster, con una grilla en la cual el tamaño de cada celda equivale a 0,81 hectáreas (90 metros de lado). Este modelo permite realizar las operaciones de análisis espacial necesarias para la evaluación de la oferta y demanda de biomasa.

EVALUACIÓN DE LA OFERTA DIRECTA DE BIOMASA

En el presente trabajo se desarrolla para el módulo de oferta el análisis de la *oferta directa*, evaluando los recursos biomásicos provenientes de los bosques nativos e implantados. No se contempla la *oferta indirecta* (proveniente de residuos provenientes de la agro y foresto industria).

El análisis y la representación espacial de las fuentes de oferta de biomasa disponibles para energía, constan de varias fases de aproximación:

- Estimación y distribución geográfica de las reservas de biomasa leñosa derivada de los bosques nativos y plantaciones forestales.
- Estimación sobre el incremento sustentable y disponible del bosque nativo y de las plantaciones forestales de la biomasa accesible física y legalmente.

La cobertura del suelo y uso de la tierra representa una capa cartográfica esencial para el análisis WISDOM, ya que a partir de las distintas clases que la conforman se construye el módulo de oferta. Sobre este mapa se asignan los valores de reservas y productividad mínima, media y máxima a cada clase.

Para la construcción de esta capa fundamental la oficina de Transferencia de Tecnología del Instituto de Clima y Agua del INTA confeccionó el Mapa de Usos del Suelo actualizado a la campaña 2008-2009, a partir de imágenes de satélite

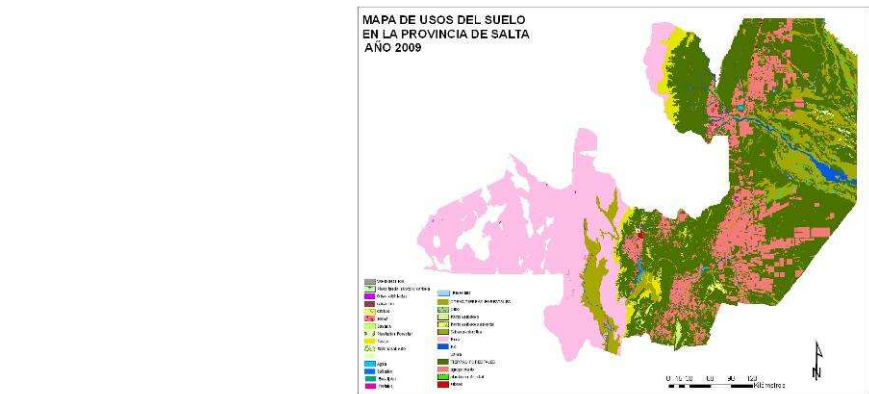


Figura 1: Mapa de Usos del Suelo en la provincia de Salta.

Estimación y distribución geográfica de las reservas y de productividad de biomasa leñosa derivada de los bosques nativos y plantaciones forestales.

Una vez definidas las distintas clases de usos del suelo, fueron asignadas a cada una de ellas los valores de reserva (stock) que correspondiera al tipo de cobertura boscosa presente en las mismas.

La asignación de los valores de reserva mínima, media y máxima para cada una de las categorías de cobertura forestal nativa se basó en el “Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos” (SAyDS, 2001) para las clases denominadas “tierras forestales”. En el caso de las formaciones de menor densidad consideradas como “otras tierras forestales” los datos fueron inferidos relacionando densidades con la formación dominante. Los datos de incremento mínimo, medio y máximo (IMA) fueron estimados a partir de un porcentaje de los valores reserva (stock) del 2, 3 y 4%, para formaciones densas; y valores del 3, 5 y 7% para parque y otras formaciones de baja densidad (Wabö, 2005). La estimación de los valores de reserva para las Plantaciones Forestales se basó en información obtenida del Inventario de la Dirección de Forestación de la SAGPyA del año 2001 (SAGPyA, 2001). Respecto a las cantidades consideradas como disponibles para bioenergía se limitaron a las ramas y despuntes y a los raleos ya que los cortes tienen destinos foresto industriales.

Las fórmulas y cálculos aplicados para la obtención de los valores de reserva y productividad fueron las siguientes:

Volumen de biomasa:

Para las formaciones densas de bosque nativo, se aplican los factores de conversión presentados en la tabla 1:

Item		Factores		Referencias
Densidad de la madera	Secado al aire	0,725	t/m3	Norma FAO: Valor de densidad de la madera con un 12% de humedad
	Secado en horno	0,593	t/m3	Calculado según datos de Reyes et al (1992) a partir de la fórmula: madera seca en horno = 0,0134 + 0,8 * (biomasa con un 12% de humedad)
Factor de expansión de la Biomasa (FEB)	Bosques densos de Frondosas (VOB10>60)	EXP(3,213-0,506*LN(BV))	BV<190 (BV = VOB 10 *oven dry WD)	Brown S., 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. FAO Forestry Paper 134. Equation 3.1.4, page 8
		1,74	BV>190	
	Formaciones abiertas (VOB10<60)	3,0		Brown, comunicación personal; Brown, S. and A. E. Lugo. 1984. Biomass of tropical forests: a new estimate based on volumes. Science 223:1290-1293.
	Bosque de coníferas	1,3		Brown S., 1997.
Factor de expansión de volumen (FEV) de VOB30 a VOB10		Exp(1,3-0,209*Ln(VOB30))	VOB30<250m3/ha (VOB30 = volumen del fuste de sin corteza con DAP> 30cm)	Brown S., 1997.
		1,3	VOB30>250m3/ha	
Fracción leña (FFD) Fracción del total de la biomasa que puede ser utilizada como leña	Incluye tallo, corteza y ramas y excluye hojas y ramas de pequeñas dimensiones.	0,88	Para formaciones densas	Brown S. 2005. Comunicación personal. Brown S., A. E. Lugo, 1990. Tropical secondary forests. Journal of Tropical Ecology (1990) 6: 1-32. Gurumurti K., D.P. Raturi and H. C. S. Bhandari, 1984. Biomass production in energy plantations of prosopis juliflora. The Indian Forester, Vol 110, 1984. Ketterings, Coe, van Noordwijk, Ambagau and Palm, 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. Forest Ecology and Management 145 (2001) 199-209. Negi J.D.S., N. K. S. Bora, V. N. Tandon, and H. D. Thapliyal, 1984. Organic matter production in an age series of Eucalyptus globulus plantations in Tamil Nadu. The indian Forester 110. 1984.
		0,83	Para formaciones abiertas	

Tabla 1: Factores de conversi3n aplicados y referencias.

Para las Plantaciones Forestales, el cálculo de “ramas y despuntes” fue calculado a partir de la diferencia entre volumen de biomasa dendroenergética y volumen de fuste. Los raleos (por carecer de datos) fueron calculados en forma conservadora tomando como base anual el 10% del incremento anual (mínimo, medio y máximo).

Los cálculos para la asignación, referencia y conversión fueron realizados en una hoja de cálculo de MS Excel obteniéndose valores de las reservas (stock), incrementos anuales, y productividad potencialmente disponible para usos energéticos respectivamente.

Distribución geográfica

- a) Para la determinación de la variabilidad espacial de las reservas e incremento dentro de cada una de las clases del mapa de usos del suelo se utilizó un producto satelital logrado con imágenes MODIS denominado Vegetation Continuous Field Tree Cover (TC) Percent Map (Hansen et al, 2003) que refleja el porcentaje de cobertura arbórea para cada píxel, generando a partir de esta información mapas que reflejan la distribución del stock y del incremento mínimo, medio y máximo de biomasa leñosa de bosque nativo dentro de cada una de las clases.

Estimación y distribución geográfica de la productividad sustentable determinando la cantidad anual disponible para usos energéticos.

Para determinar el incremento de biomasa “disponible” para dendroenergía se dedujo, en una primera instancia, del Incremento Medio Anual, la fracción correspondiente a las extracciones de madera para usos industriales, que surge de datos oficiales. Posteriormente se aplicó un factor correspondiente a la fracción dendroenergética (FFD) (Woodfuel Fraction Factor), el cual, indica la porción del total de biomasa sobre el suelo, compuesta por las ramas, fuste y corteza, excluyendo hojas y ramas de pequeñas dimensiones, que quedarían como protección y regeneración del suelo. Para el cálculo del FFD se adoptaron dos valores de referencia: uno para formaciones densas (0,88) y otro para formaciones abiertas (0,83).

Distribución geográfica

Se creó de un mapa de “factores de extracción” mediante el cálculo, de la fracción correspondiente a la diferencia entre las extracciones industriales de madera y el potencial IMA sustentable, para cada departamento.

- a) Reclasificación del mapa de departamentos con estos valores.
- b) El mapa resultante fue multiplicado por los mapas de IMA para crear el mapa final de IMA disponible.

Cálculo y distribución geográfica de la fracción de la biomasa forestal utilizada para la energía:

- a) Una vez determinados los factores de 0,88 y 0,83 para cada tipo de bosque, éstos fueron aplicados sistemáticamente a la productividad total de los valores de biomasa leñosa obtenidos en el paso anterior, de este modo queda cuantificada la cantidad de biomasa leñosa para usos energéticos.

Las figuras 2, 3, 4, 5 y 6 muestran las principales capas creadas en este proceso (para el ejemplo se ha seleccionado un recorte de los productos obtenidos).

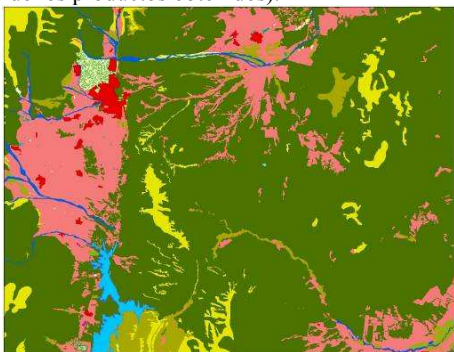


Figura 2: Recorte del Mapa de usos del suelo

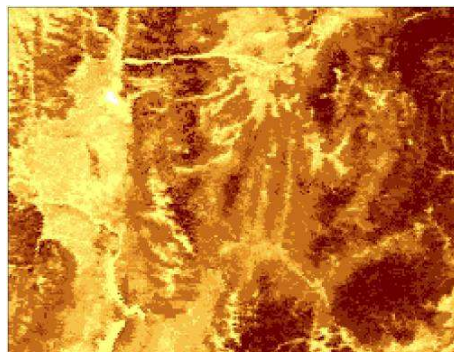


Figura 3: Recorte del Mapa de % Cobertura Arbórea MODIS

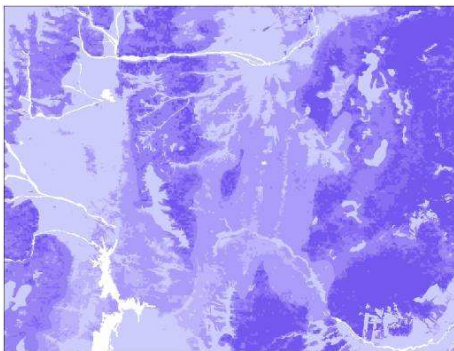


Figura 4: Recorte del Mapa de Stock (medio) de biomasa

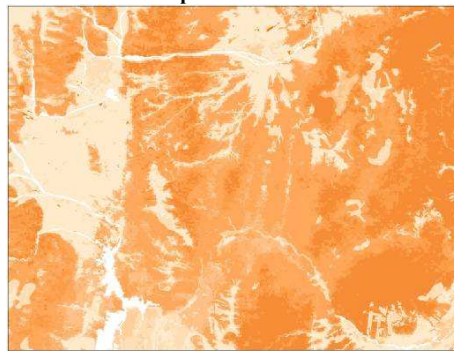


Figura 5: Recorte del Mapa de Incremento (medio) Anual.

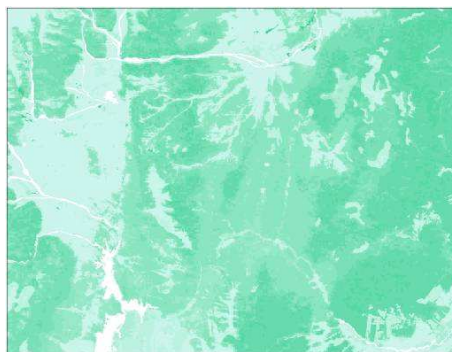


Figura 6: Recorte del Mapa de Incremento (medio) Anual de biomasa dendroenergética.

Estimación sobre el incremento sustentable y disponible del bosque nativo y de las plantaciones forestales de la biomasa accesible física y legalmente.

Accesibilidad Física

Este es un parámetro espacial que define la accesibilidad de un determinado recurso biomásico en relación a la distancia del lugar más cercano y de fácil acceso y a un factor de costo basado en características del terreno. El mapa de accesibilidad física se genera utilizando un Modelo Digital del Terreno, cartografía digital de la red vial y ferroviaria y lugares poblados (ciudades, pueblos y parajes) de la siguiente manera:

- Creación del mapa de pendiente en base al modelo digital del terreno, a 90 m/píxel. (figura 8)
- Fusión de las capas de la red vial, ferroviaria, cursos fluviales utilizados para el transporte de madera y asentamientos en una única capa en formato raster, a 90m/píxel (figuras 9 y 10)
- Determinación del costo acumulativo más bajo para cada celda mediante la función Cost Distance, del ArcGis Spatial Analysis, utilizando como base para ello los mapas generados en los dos pasos previos.
- Conversión de los valores continuos a un adecuado número de clases que representen el rango de accesibilidad (como porcentaje del recurso relativo). Se genera un mapa de 20 clases con intervalos del 5% de accesibilidad que se utiliza como coeficiente de los mapas de IMA de biomasa dendroenergética.

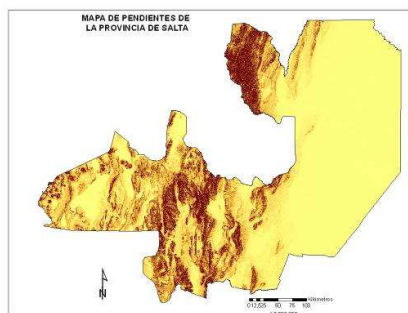


Figura 7: Modelo de Pendientes de la Provincia de Salta.

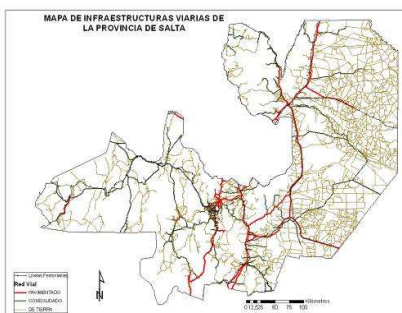


Figura 8: Mapa de Infraestructura Viaria de la provincia de Salta.

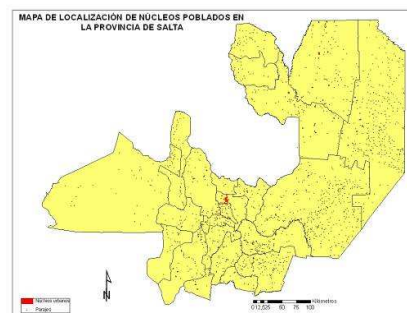


Figura 9: Mapa de Localización de los núcleos poblados en la provincia de Salta.

Accesibilidad Legal

Este es un parámetro espacial que define la accesibilidad a un determinado recurso biomásico en relación a las restricciones legales a las que está sujeta su explotación y su gestión comercial. En base a las categorías de protección dadas por el “Plan de ordenamiento territorial de las áreas boscosas de la provincia de Salta” (Ley Provincial 7543, 2009) se estimaron las limitaciones de extracción de biomasa.

Se eliminaron las zonas rojas (de alto valor de conservación), se fijó un potencial de utilización del bosque en las zonas amarillas (de mantenimiento de la cobertura boscosa), basado en el IMA y se estableció el aporte de biomasa leñosa que podría surgir de las áreas verdes (habilitadas para expansión agrícola o ganadera) bajo dos hipótesis:

- Aprovechamiento del IMA, no previendo futuras expansiones. Hipótesis de baja probabilidad de ocurrencia.
- Manteniendo de la tasa de desmonte actual, medida para los 10 últimos años en un promedio de 100.000 hectáreas anuales, derivando dicha superficie a actividades agrícolas o ganaderas, con aprovechamiento del stock boscoso correspondiente a la misma y aprovechando sobre la superficie remanente de su capacidad de bioregeneración anual (el Incremento Medio Anual), hasta agotar el potencial de expansión (1.400.000 has).

Los mapas de incrementos anuales disponibles y accesibles (mínimo, medio y máximo) fueron generados a partir de la multiplicación de los mapas de IMA para dendroenergía, con el mapa de accesibilidad física en primer lugar, y luego por el

de accesibilidad legal, ambos descriptos en el epígrafe anterior. En las figuras 10, 11 y 12 se muestra un ejemplo de los mapas de accesibilidad física, legal y biomasa disponible y accesible para dendroenergía.

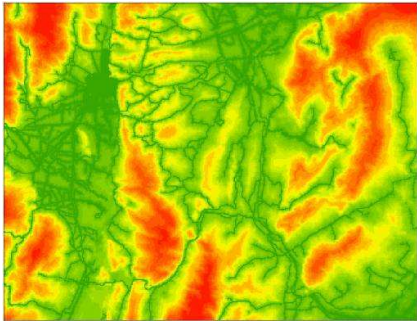


Figura 10: Restricciones físicas a la accesibilidad del recurso biomásico.

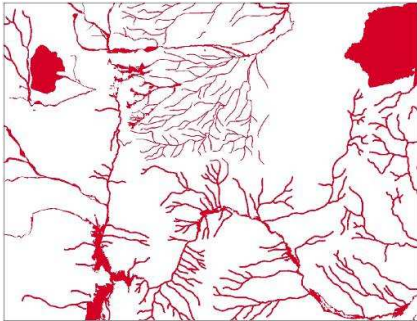


Figura 11: Restricciones legales a la accesibilidad del recurso biomásico.

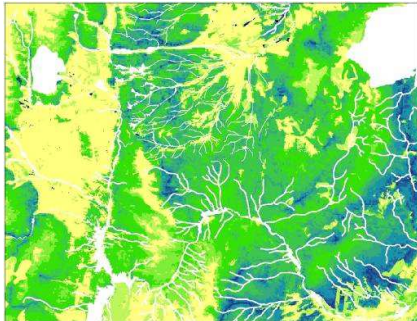


Figura 12: Recorte del Mapa de incremento medio anual disponible y accesible.

La disponibilidad de biomasa para todo el ámbito provincial se visualiza en la figura 13 donde cada píxel de la imagen esta asociado en su base de datos al valor de la biomasa disponible y accesible legal y físicamente, expresada en kilogramos por el valor de superficie de la celda.

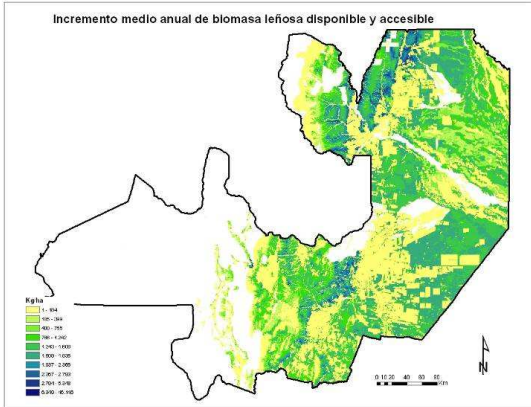


Figura 13: Mapa de incremento medio anual disponible y accesible

El volumen total calculado de biomasa derivada de bosque nativo e implantado disponible para bioenergía es de 10.979.988 toneladas anuales, previendo exclusivamente la utilización del IMA.

Ante el cumplimiento de la primera hipótesis 1 de aprovechamiento del IMA, no previendo futuras expansiones (hipótesis de baja probabilidad de ocurrencia) existiría una disponibilidad anual futura a nivel departamental acorde a lo expresado en Tabla 1.

Ante la hipótesis 2 (manteniendo la tasa de desmonte actual con fines ganaderos o agrícolas, y aprovechando el stock boscoso correspondiente a la misma y sobre la superficie remanente su capacidad de biorregeneración anual (IMA), hasta agotar el potencial de expansión), se ha calculado en la tabla 2 la disponibilidad anual de biomasa sustentable para los próximos 15 años. El cálculo ha tenido en cuenta una superficie autorizada de desmonte (entre los permisos ya otorgados y los de posible habilitación dentro de las áreas permitidas para agricultura y ganadería) de 1.500.000 hectáreas. Sobre esa superficie se ha calculado un stock medio total de 96.011.297 toneladas y un IMA de 2.758.071 toneladas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
stock	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	6.400.752	0
IMA	10.796.118	10.612.247	10.428.376	10.244.505	10.060.634	9.876.763	9.692.892	9.509.021	9.325.150	9.141.279	8.957.408	8.773.537	8.589.666	8.405.795	8.221.924	8.221.924
Total	17.196.870	17.012.999	16.829.128	16.645.257	16.461.386	16.277.515	16.093.644	15.909.773	15.725.902	15.542.031	15.358.160	15.174.289	14.990.418	14.806.547	14.622.676	8.221.924

Tabla 2: Disponibilidad anual de biomasa para los próximos 15 años.

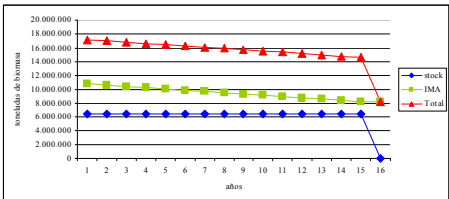


Figura 14: Proyección de la oferta de biomasa leñosa para los próximos 16 años.

La diferencia de disponibilidad de residuos entre el 1 año (casi 17 millones de toneladas) y el año 15 (14 millones de toneladas) resulta menos notable que la existente entre el año 15 y el año 16 en que, de cumplirse las leyes ambientales, no se dispondría del volumen de stock por tala y solo podría disponerse de las 8 millones de toneladas de IMA sustentable. De ahí que en el diseño de las plantas deberá tenerse en cuenta esta circunstancia o prever otra fuente de aprovisionamiento (residuos agro y foresto industriales, residuos de cosecha o plantaciones para bioenergía que cubran el volumen faltante).

EVALUACION DE LA DEMANDA DE BIOMASA

Para la elaboración del módulo de demanda se consideró el consumo de biomasa para combustible en los sectores residencial, comercial e industrial.

El consumo residencial se calculó a partir del consumo en hogares que utilizan leña y carbón para cocinar (INDEC, 2001), estimando un consumo informal de 3 tn/hogar/año. Al disponer exclusivamente de datos del censo 2001 se ha estimado el aumento del consumo de leña al 2010 basado en la tasa de crecimiento poblacional y otros factores económicos. El coeficiente de ajuste utilizado fue 1,5. El consumo comercial incluye las actividades que utilizan biomasa para cocción (asadores, panaderías, etc.). Para consumo a nivel de panaderías se realizaron los cálculos en base un consumo de 0,2 kg de pan por persona por día y la necesidad de madera (1 kg.) para hornear un kilogramo de pan (FAO, 1987). En localidades con red de gas se asumió que se utiliza leña en el 10% del pan consumido. En las localidades sin acceso a gas un porcentaje del 90%. Para asadores comerciales y domésticos se consideró la leña utilizada para carbón (5 toneladas de leña para obtener 1 tonelada de carbón). Se estimó un porcentaje de la carne faenada con destino a parrilla y el consumo de carbón por kilogramo de carne asada. El consumo industrial considera las industrias ladrilleras, secaderos de tabaco, etc. (FAO, 2009). El consumo de leña en ladrilleras es alto pero no se cuenta con datos en este sentido (se trata de una actividad de gran informalidad). Debido a ello el consumo se estimó sobre estas bases de cálculo: en áreas urbanas pequeñas y medianas existe al menos un ladrillera cada 1.000 habitantes, entre 0,7 y 0,5 en ciudades medianas, y ninguna en grandes ciudades donde las industrias funcionan a gas. Cada ladrillera produce 12.000 ladrillos por mes y trabaja 10 meses al año. Cada ladrillo pesa 1,55 kg. y se necesitan 0,39 kg. de leña por kilogramo de ladrillo (FAO, 1987).

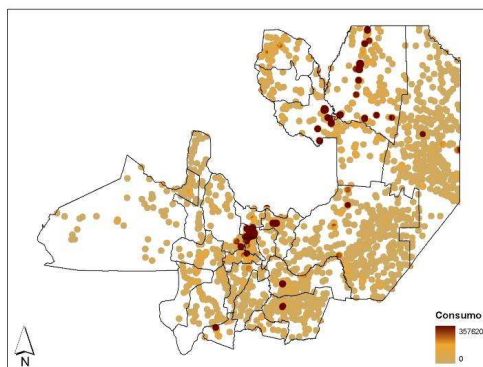


Figura 15: Demanda energética de biomasa leñosa.

La demanda total de biomasa leñosa calculada resultó ligeramente inferior a medio millón de tonelada, tal como se expresa en la tabla 3.

EVALUACION DEL BALANCE DE BIOMASA LEÑOSA

Al integrar la oferta potencial y la demanda actual de biomasa se obtiene un balance, a partir del cual, se obtiene información sobre la disponibilidad de biomasa para usos bioenergéticos. La disponibilidad de esta información en el SIG permite realizar distintos análisis. En el mapa de la figura 17 pueden visualizarse claramente áreas críticas de intervención, ya sea por déficit de biomasa (áreas en rojo), o por presentar excedentes de biomasa leñosa que podrían eventualmente ser aprovechadas para la generación de energía (áreas verdes).

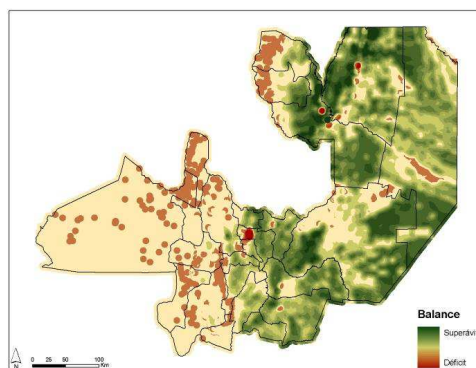


Figura 16: Balance entre Oferta y Demanda de biomasa leñosa.

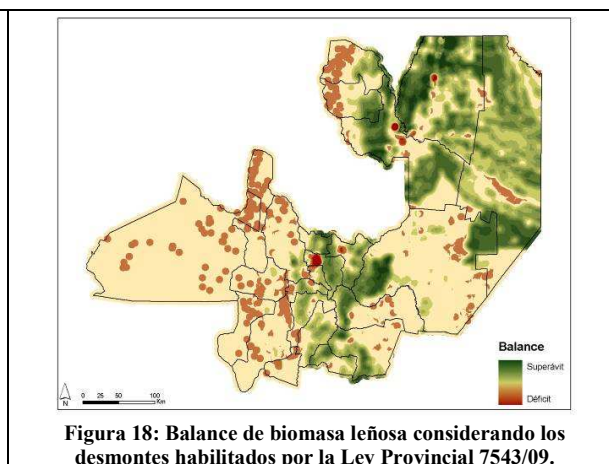
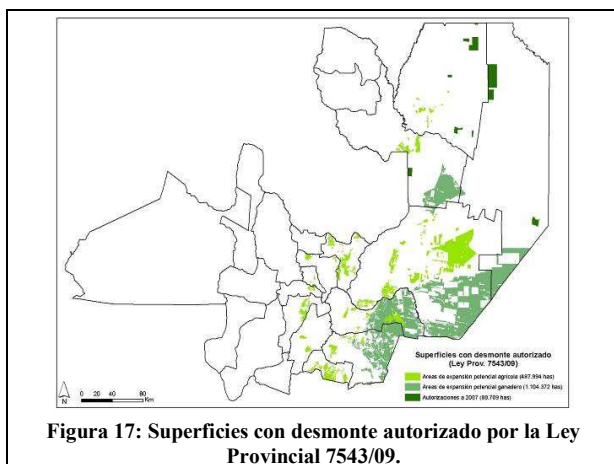
RESULTADOS

Del análisis realizado se desprende que existen en Salta casi 11 millones de toneladas de biomasa leñosa, la cual se renueva anualmente (solo consideramos el IMA de los bosques nativos en este valor, y la biomasa procedente de plantaciones forestales), mientras que el consumo de leña de la provincia no alcanza el medio millón de toneladas, lo que deja un saldo positivo de aproximadamente 10,5 millones de toneladas potencialmente disponibles anualmente para la generación de energía. En la tabla 3 se presentan los valores resumidos a nivel departamental.

Departamento	Oferta Directa (tn)	Consumo Total (tn)	Balance (tn)
Anta	2.360.070	39.643	2.320.427
Cachi	19.131	6.630	12.501
Cafayate	8.851	7.187	1.664
Capital	173.283	76.438	96.845
Cerrillos	31.870	7.864	24.006
Chicoana	59.785	9.066	50.719
Gral. Güemes	268.830	18.020	250.810
Gral. Jose de San Martín	1.992.970	97.361	1.895.609
Guachipas	127.618	3.365	124.253
Iruya	194.971	8.109	186.862
La Caldera	92.225	3.406	88.819
La Candelaria	160.031	3.781	156.250
La Poma	4.862	1.719	3.143
La Viña	107.032	5.155	101.877
Los Andes	0	6.618	-6.618
Metan	590.732	18.560	572.172
Molinos	8.420	5.827	2.592
Oran	1.430.570	79.196	1.351.374
Rivadavia	2.568.090	38.187	2.529.903
Rosario de La Frontera	581.012	15.236	565.776
Rosario de Lerma	72.854	13.412	59.442
San Carlos	18.440	7.323	11.117
Santa Victoria	108.238	14.102	94.136
Total	10.979.884	486.206	10.493.678

Tabla 3: Oferta, consumo y balance de biomasa leñosa por departamento.

Estos valores se mantendrían en el tiempo si no se previeran nuevos desmontes, pero considerando que la ley de ordenamiento territorial habilita un total de 1,5 millones de hectáreas de bosque nativo para destinos agrícolas o ganaderos y asumiendo que se mantendría la tasa de desmonte registrada en los últimos años (100.000 hectáreas anuales), el valor anual de biomasa disponible aumentaría durante los primeros años en virtud del uso del stock disponible, y se reduciría drásticamente al concluir los desmontes en las superficies habilitadas por la ley, tal como pudo observarse en la figura 15. Los mapas de las figuras 18 y 19 representan las áreas habilitadas para usos agropecuarios por la ley, y el balance recalculado considerando que en un mediano plazo se efectuaran todos estos desmontes, donde puede observarse un significativo aumento de valores negativos, particularmente en los departamentos de Anta, Metán y Rosario de la Frontera.



CONCLUSIONES

El presente estudio confirmó que la provincia de Salta posee abundantes cantidades de biomasa apta y disponible para uso energético, así como identificó aquellas áreas que presentan valores deficitarios, donde el consumo es mayor a la oferta disponible, generando de esta forma presión por el recurso. Los mapas aquí presentados, así como las bases de datos elaboradas, representan eficaces herramientas para formular estrategias bioenergéticas a

corto, mediano y largo plazo. Se ha evidenciado mediante este trabajo, que la oferta actual de biomasa forestal disponible para energía no necesariamente se mantendrá en el tiempo, por lo que al momento de planificar su aprovechamiento, deberán considerarse diversos factores que participan en esta dinámica.

Los sistemas de información geográfica resultan de enorme utilidad para la determinación del potencial bioenergético debido a su capacidad de manejar y analizar el gran volumen de datos e integrarlos en el estudio. Siendo un sistema de información, la calidad y detalle de los datos ingresados para su análisis incide en los resultados que se obtengan. A medida que se mejoren los datos disponibles, se podrá perfeccionar el modelo oferta y demanda de dendrocombustibles.

La cartografía resultante permite además comunicar gráfica y ágilmente la información obtenida para ayudar en la toma de decisiones en un sector crucial para el desarrollo como el sistema energético de las provincias y el país.

REFERENCIAS

Brown, S. and Lugo, A.E., (1984). Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. *Sci.*, 223: 1290–1293.

Brown S., (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. FAO Forestry Paper 134. Equation 3.1.4, page 8.

FAO., (1987). Technical and economic aspects of using wood fuels in rural industries. Training in planning national programmes for wood based energy. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/AB780E/AB780E00.htm>

FAO., (2003). Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping – WISDOM. Preparado por Masera, O.; Drigo, R. y Trossero, M. Disponible en <http://www.fao.org.ar/DOCREP/005/Y4719E/Y4719E00.htm>

FAO., (2009). Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina - WISDOM Argentina - Análisis espacial de la producción y consumo de biocombustibles aplicando la metodología de "Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles"(Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping). INFORME FINAL. Miguel Trossero, Rudi Drigo, Alicia Anschau, Stella y Noelia Flores Marco. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/011/i0900s/i0900s00.htm>

Hansen, M.; DeFries, R.; Townshend, J.R.; Carroll, M.; Dimiceli, C.; Sohlberg, R., (2003). 500m MODIS Vegetation Continuous Fields. College Park, Maryland: The Global Land Cover Facility.

INDEC, (2001). Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda. Disponible en <http://www.indec.mecon.ar/webcenso/index.asp>

Ley 7543 - Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Salta. (2009), sancionada el 16 de Diciembre de 2008, publicada en el Boletín Oficial de Salta N° 18035, el día 26 de Enero de 2009, promulgada por decreto n° 5770 del 18/12/18.

SAyDS, (2007). Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto de Bosques Nativos y Áreas Protegidas. BIRF 4085-AR. 1198-2005.

SAGPyA, (2001). Argentina: Inventario Forestal de Plantaciones Forestales. Proyecto Forestal De Desarrollo. Buenos Aires. 2001.

ABSTRACT

The province of Salta, Argentina, has great potential to develop projects for utilization of biomass for energy purposes. To quantify this potential has been implemented in this work, the WISDOM methodology, developed by FAO and based on Geographical Information Systems and spatial analysis techniques, which allows to visualize, quantify and contextualize both the Supply and Demand areas for woody biomass. Besides, it allows to detect hot spots or points of action, in which, both a negative or a surplus balance exists and it's necessary a more detailed analysis. It has been incorporated into the analysis the Land Use Planning (Provincial Law 7543/09) enacted by the province in compliance with the Forest National Law (National Law 26.331/07) to quantify the resources to be available (in a sustainable management of the territory) for a potential bio-energy use in the coming years. From this analysis it appears that currently exist in the province nearly 11 million tons of woody biomass renewable annually, while consumption of firewood in the province does not reach half a million tons., leaving a surplus of approximately 10, 5 million tons annually potentially available for power generation, a figure that will vary annually depending on the rate of allowed deforestation. It's important to localize spatially the areas where the future supply of biomass will decrease dramatically in order to locate and give the right size to any power generating plants based on biomass.

Keywords: bioenergy, biomass, WISDOM, geographical information systems, spatial analysis.